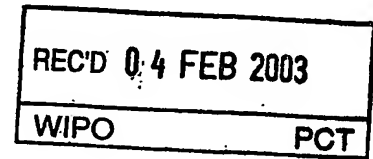


BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

10/501253



Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

Aktenzeichen: 102 01 522.8

Anmeldetag: 17. Januar 2002

Anmelder/Inhaber: Robert Bosch GmbH, Stuttgart/DE

Bezeichnung: Verfahren und Vorrichtung zur Erkennung von Sichtbehinderungen bei Bildsensorsysteme

IPC: G 06 T 7/00

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 9. Januar 2003
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
 Im Auftrag

10/501253

PRIORITY DOCUMENT
 SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
 COMPLIANCE WITH
 RULE 17.1(a) OR (b)

11.01.02 Bee/Pz

5

ROBERT BOSCH GMBH, 70442 Stuttgart

10

Verfahren und Vorrichtung zur Erkennung von Sichtbehinderungen bei Bildsensorsystemen

Stand der Technik

15

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Erkennung von Sichtbehinderungen bei Bildsensorsystemen.

20

25

Zukünftig werden insbesondere in Verbindung mit der Umfeldsensierung von Kraftfahrzeugen Bildsensoren, beispielsweise Videokameras, eingesetzt, deren Bild von nachfolgenden Funktionen (beispielsweise Fahrerassistenzfunktionen) ausgewertet wird. Daher ist es von besonderer Bedeutung, Sichtbehinderungen, die das vom Bildsensor ermittelte Bild verschlechtern, zu erkennen, die nachfolgenden Funktionen oder Systeme über das Vorhandensein solcher Sichtbehinderungen zu informieren und gegebenenfalls Gegenmaßnahmen einzuleiten.

Vorteile der Erfindung

30

35

Durch die Detektion der Unschärfe des aufgenommenen Bildes ergibt sich eine geeignete Vorgehensweise, mit deren Hilfe Sichtbehinderungen erkannt werden. Besonders vorteilhaft ist, dass nachfolgende Systeme oder Funktionen, die nur bei ausreichender Sicht bestimmungsgemäß funktionieren, über das Vorhandensein der Sichtbehinderung informiert werden und so

5 geeignete Gegenmaßnahmen einleiten können. So wird in vorteilhafter Weise bei erkannter Sichtbehinderung je nach Ausgestaltung der nachfolgenden Funktion bzw. des nachfolgenden Systems das aufgenommene Bild nicht ausgewertet, korrigiert oder andere geeignete Maßnahmen ergriffen, wie beispielsweise das Einschalten der Scheibenwischanlage oder das Einschalten einer Scheibenheizung.

10 Besonders vorteilhaft ist, dass Sichtbehinderungen aufgrund des Bildsignals selbst erkannt werden, so dass keine zusätzlichen Sensoren benötigt werden.

15 In besonderem Maße eignet sich die Vorgehensweise zur Erkennung von Sichtbehinderung auf der Scheibe des Kraftfahrzeugs.

20 In vorteilhafter Weise übernimmt der Bildsensor weitere Funktionen wie beispielsweise die Funktion eines Regensors, so dass dieser bei der Ausstattung des Fahrzeugs mit derartigen bildsensorbasierten Fahrerassistenzfunktionen, beispielsweise Spurwarner, etc. eingespart werden kann.

25 In besonders vorteilhafter Weise wird die nachfolgend beschriebene Vorgehensweise bei Videosensorsystemen in Kraftfahrzeugen eingesetzt, die nicht auf die Fahrzeugscheibe fokussiert sind, sondern auf den Außenbereich fokussiert sind. Daher läßt sich die nachfolgend beschriebene Vorgehensweise mit besonderen Vorteilen in Verbindung mit der Sensierung des Umfeldes eines Kraftfahrzeugs einsetzen. Auf diese Weise
30 kann der Bildsensor für mehrere Anwendungen (z.B. Regensor und Objektdetektion, etc.) eingesetzt werden.

35 Vorteilhaft ist ferner, dass der Bildsensor in die Lage versetzt wird, anhand des eigenen Ausgangssignals seine Funktionsfähigkeit zu überprüfen, d.h. festzustellen, ob die mo-

mentanen Sichtbedingungen für die nachfolgend durchzuführen-
de Funktion, z.B. für eine Spurhaltung, ausreichen. In vor-
teilhafter Weise wird bei einer Funktionsunfähigkeit des
Bildsensors dies dem Fahrer oder dem nachfolgenden System
5 signalisiert und/oder Gegenmaßnahmen ergriffen.

In besonders vorteilhafter Weise hat sich gezeigt, dass die
Detektion von Sichtbehinderungen durch Messung der Unschärfe
des abgebildeten Bildes ermittelt wird. Dadurch wird ein zu-
10 verlässiges Verfahren zur Ermittlung von Sichtbehinderungen,
insbesondere von Objekten auf einer Fahrzeugscheibe, die un-
scharf im Bild abgebildet sind, bereitgestellt. Besonders
vorteilhaft ist, dass durch die Messung der Unschärfe des
Bildes transparente Objekte wie z.B. Regentropfen oder halb-
15 transparente Objekte wie Eis oder Staub erkannt werden kön-
nen, in einer besonderen Ausführungsform sogar unterschieden
werden können.

In vorteilhafter Weise ist es daher auch ermöglicht, Hinwei-
20 se auf die Art der Sichtbehinderungen zu gewinnen. Damit
kann spezifisch auf die jeweilige Art der Sichtbehinderung
reagiert werden, beispielsweise durch automatisches Zuschal-
ten der Scheibenwaschanlage bei einer durch Partikel hervor-
gerufenen Verschmutzung der Windschutzscheibe.

2
Weitere Vorteile ergeben sich aus der nachfolgenden Be-
schreibung aus Ausführungsbeispielen bzw. aus den abhängigen
Patentansprüchen.

30 Zeichnung

Die Erfindung wird nachstehend anhand der in der Zeichnung
dargestellten Ausführungsformen näher erläutert.
Figur 1 zeigt ein Übersichtsbild eines Bildsensorsystems, in
35 welchem die nachfolgend beschriebene Vorgehensweise zur Be-

stimmung von Sichtbehinderungen realisiert ist. In den Figuren 2 bis 4 sind Diagramme dargestellt, anhand derer drei verschiedene Ausführungen zur Bestimmung der Unschärfe im Bild und die daraus abgeleitete Erkennung von Sichtbehinderungen beschrieben werden.

Beschreibung von Ausführungsbeispielen

Das in Figur 1 dargestellte Bildsensorysystem besteht im Wesentlichen aus einem optischen Sensorarray, welches an eine Datenverarbeitungseinheit 7, beispielsweise ein Mikroprozessor, angeschlossen ist. Über ein Linsensystem 2 wird die momentan sichtbare Szene auf das Sensorarray abgebildet. Der Bildsensor ist dabei hinter einer Scheibe 1 angebracht, und auf den Außenraum hinter der Scheibe fokussiert. Die Scheibe ist beispielsweise die Scheibe eines Fahrzeugs, insbesondere dessen Windschutzscheibe. Durch die Fokussierung auf den Außenraum des Fahrzeugs kann das Bildsensorysystem auch für andere Bildverarbeitungsaufgaben, beispielsweise zur Fahrspur- oder Hindernisdetektion eingesetzt werden. Die Auswerteeinheit 7 besteht aus einem Modul zur Belichtungssteuerung 4 des Sensorarrays, einer Meßeinheit für die Unschärfeschätzung 5 und einem Entscheidungsmodul 6, das über das Vorliegen und gegebenenfalls über die Art einer Sichtbehinderung entscheidet. In einem bevorzugten Ausführungsbeispiel sind alle diese Module Teile eines Mikroprozessors, wobei die Module als Softwareprogramme realisiert sind. In anderen Ausführungen sind die Module einzelne Komponenten (Prozessoren), ebenfalls als Softwarerealisierung, wobei beispielsweise Unschärfeschätzung in einer Komponente und Entscheidung in einer anderen Komponente durchgeführt werden. Die vom Entscheidungsmodul 6 getroffene Entscheidung wird dann als Informations- und/oder Aktivierungssignal an nachfolgende Funktionen und/oder Systeme weitergegeben. Anwendungsmöglichkeiten hierfür sind nachfolgend näher ausgeführt.

Die automatische Detektion von Sichtbehinderungen auf den Scheiben eines Fahrzeugs spielt deshalb eine zunehmend wichtige Rolle, weil beim Einsatz von Bildsensoren im Fahrzeug Systeme, die die Bilder des Sensors auswerten, nur bei ausreichender Sicht bestimmungsgemäß funktionieren. Liegt eine Information über die Sichtbehinderung und im Idealfall über die Art der Sichtbehinderung vor, so ist ein solches System in der Lage, dem Fahrer seine momentane Funktionsunfähigkeit anzuzeigen und/oder Gegenmaßnahmen zu ergreifen, wie das Einschalten der Wischanlage, einer Scheibenheizung, einer Scheibenreinigungsanlage, etc.

Bei der Bestimmung von Sichtbehinderungen aufgrund des Bildsensorsignals allein stellt sich das Problem, dass sich Sichtbehinderungen auf einer Fahrzeugscheibe im Bild nur indirekt bemerkbar machen, da für die Anwendung bei Fahrerassistenzsystemen der Bildsensor auf den Außenbereich des Fahrzeugs fokussiert ist. Objekte auf der Scheibe, beispielsweise Regentropfen oder Staub, werden daher unscharf abgebildet. Diese Sichtbehinderungen machen sich also durch eine charakteristischen Unschärfeverteilung im Bildsignal bemerkbar.

Die Detektion von Sichtbehinderungen basiert auf einer Messung der Unschärfe des durch einen Bildsensor aufgenommenen Bildes. Diese Unschärfe macht sich in einer Unschärfe der abgebildeten Konturen der momentan sichtbaren Szene bemerkbar. Objekte, die auf der Scheibe liegen, werden aufgrund der Fokussierung des Bildsensors auf den Außenbereich unscharf abgebildet. Transparente Objekte wie beispielsweise Regentropfen führen zu einer lokalen Defokussierung des Bildes, halbtransparente Objekte wie Eis oder Staub streuen einfallende Lichtstrahlen. Beide Effekte führen zu einer Erhöhung der Unschärfe im Sensorsignal. Die Auswerteeinheit,

die dem Bildsensor, einem optischen Sensorarray, beispielsweise einer CCD- oder C-MOS-Kamera zugeordnet ist, erfaßt die Unschärfeverteilung der momentan abgebildeten Szene. Aufgrund der erfaßten Unschärfeverteilung wird auf das Vorliegen einer Sichtbehinderung geschlossen. Zur Ermittlung der Unschärfe wird eines der nachfolgend beschriebenen Verfahren der digitalen Bildverarbeitung eingesetzt.

In einem bevorzugten Ausführungsbeispiel ist der Bildsensor ein Sensorarray, mit dessen Hilfe sich auch Hinweise auf die Art der Sichtbehinderung gewinnen lassen. Dies unterscheidet ein solches Sensorarray wesentlich von einem nach dem Reflexionsprinzip arbeitenden herkömmlichen Regensensor. Aufgrund der Verwendung eines Sensorarrays kann auf die ermittelte Sichtbehinderung spezifisch reagiert werden, etwa durch zusätzliches Einschalten einer Scheibenwaschanlage bei einer durch Partikel hervorgerufenen Verschmutzung. Eine bevorzugte Vorgehensweise für die Erkennung der Art der Sichtbehinderung wird nachfolgend ebenfalls im Detail beschrieben.

Eine erste Möglichkeit zur Messung der Unschärfe ist anhand der Diagramme der Figur 2 dargestellt. Die Messung der Unschärfe erfolgt hier über das sogenannte Kontrastspektrum. Das diesem Verfahren zugrundeliegenden Prinzip ist aus der digitalen Bildverarbeitung bekannt. Zur Gewinnung des Kontrastspektrums wird zunächst eine sogenannte Multiskalenanalyse durchgeführt, bei der das Videobild über die wiederholte Anwendung einer Glättungsoperation und anschliessender Unterabtastung in mehrere Bilder mit abnehmender Auflösung zerlegt wird. In jeder Auflösungsstufe wird ein globales Kontrastmaß berechnet, beispielsweise die Standardabweichung der Intensitätswerte im Bild. Das Kontrastmaß, aufgetragen über der Auflösung, bildet das Kontrastspektrum des Bildes. Beispiele für derartige Kontrastspektren zeigen die Figuren 2a und 2b. Dort ist jeweils das Kontrastmaß K des Bildes

über der Auflösung A aufgetragen. Scharfe und unscharfe Bilder unterscheiden sich in ihren Kontrastspektren dadurch, dass der Kontrast in unscharfen Bildern mit zunehmender Auflösung stärker abfällt als in scharfen Bildern. Dies deshalb, weil feine Details durch Sichtbehinderungen stärker beeinträchtigt werden als grobe Bildmerkmale. Somit ist der Abfall des Kontrastspektrums ein Maß für die Unschärfe des Bildes. Beispielhafte Situationen sind in den Figuren 2a und 2b gezeigt. In Figur 2a ist ein Kontrastspektrum über der Auflösung des Bildes bei einem Bild mit geringer Unschärfe dargestellt, während in Figur 2b die Situation bei einer hohen Bildunschärfe (unscharfes Bild) gezeigt wird.

Bei einer Realisierung der Vorgehensweise zur Bestimmung der Unschärfe des Bildes wird im Rahmen eines Rechnerprogramms das Kontrastspektrum nach Maßgabe der Multiskalenanalyse aufgenommen und eine Größe ermittelt, beispielsweise die mittlere Steigung des Kontrastmaß über der Auflösung, welche den Verlauf des Kontrastmaßes über der Auflösung charakterisiert. Durch Vergleich dieser Größe mit wenigstens einem Grenzwert wird die Unschärfe des Bildes bestimmt. Reicht zur Sichtbehinderungserkennung, insbesondere im Hinblick auf die in den nachfolgenden Systemen geplanten Reaktionsmaßnahmen, aus, festzustellen, dass das Bild unscharf ist, so wird die ermittelte Größe mit einem Grenzwert verglichen, bei dessen Überschreiten von einer Unschärfe ausgegangen wird, oder die Größe selbst als Umschärfemaß weitergegeben wird. In anderen Anwendungen ist es erwünscht, ein Maß für die Unschärfe festzustellen. In diesen Fällen werden durch Grenzwerte Bereiche für die das Kontrastspektrum charakterisierende Größe gebildet, welchen Unschärfewerten zugeordnet sind. Ein Wert für die Höhe der Unschärfe wird ermittelt, wenn die das Kontrastspektrum charakterisierende Größe in einen bestimmten Größenbereich fällt.

Neben der Messung der Unschärfe über das Kontrastspektrum liegen eine weitere Reihe von Verfahren aus der digitalen Bildverarbeitung vor, mit deren Hilfe eine Unschärfe erfaßt werden kann. Beispiele für derartige alternative Verfahren zur Messung der Bildunschärfe sind Maßnahmen zur Analyse des Fourierspektrums oder der Autokorrelation des untersuchten Bildes. Im Fourierspektrum zeigt sich ein unscharfes Bild dadurch, dass die Amplituden der hohen Raumfrequenzen, die die feineren Bilddetails repräsentieren, im Vergleich zu einem scharfen Bild stark abgeschwächt sind.

Beispiele für eine solche Situation zeigen die Figuren 3a und 3b. In beiden ist der Verlauf des Fourierspektrums aufgetragen, wobei die Amplitude der Fouriertransformationfunktion über der Raumfrequenz dargestellt ist. Figur 3a zeigt dabei ein Bild mit geringer Unschärfe, während in Figur 3b ein Bild hoher Unschärfe gezeigt wird. Es zeigt sich deutlich, dass die Amplituden der höheren Raumfrequenz bei einem unscharfen Bild stark abnehmen. Zur Auswertung ist in einem bevorzugten Ausführungsbeispiel daher vorgesehen, das Unterschreiten eines Schwellenwertes durch die Amplitude und die dazugehörige Raumfrequenz zu erkennen. Ist diese Raumfrequenz unterhalb eines vorbestimmten Wertes, wird von einem unscharfen Bild ausgegangen. In einer anderen Ausführung könnte auch hier die Steigung der Kurve unter Vergleich mit wenigstens einem Grenzwert zur Unschärfeermittlung herangezogen werden. Auch bei der Auswertung des Fourierspektrums ist es möglich, durch die Vorgabe mehrerer Grenzwerte, bzw. durch Vorgabe von Wertebereichen einen Wert für die Höhe der Unschärfe festzustellen und an nachfolgende Systeme weiterzugeben.

Eine dritte Möglichkeit zur Unschärfemessung stellt die Autokorrelationsfunktion des Bildes dar. Diese nimmt bei einem unscharfen Bild weniger stark mit der Entfernung ab als bei

5 einem scharfen Bild. Dies deshalb, weil in einem unscharfen Bild nur großräumige Strukturen erhalten bleiben. Figur 4 zeigt dieses Verhalten, wobei jeweils die Höhe der Autokorrelationsfunktion über dem Pixelabstand aufgetragen ist. Figur 4a zeigt dabei die Autokorrelationsfunktion bei einem Bild geringer Unschärfe, Figur 4b die eines Bildes mit hoher Unschärfe. Es zeigt sich, dass mit zunehmendem Pixelabstand bei einem Bild geringer Unschärfe (scharfes Bild) die Autokorrelationsfunktion schnell abnimmt, während bei einem un-

10 scharfen Bild die Autokorrelationsfunktion weniger stark abnimmt. Zur Auswertung kann wie oben angedeutet zum einen das Unter- oder Überschreiten wenigstens eines Grenzwertes oder mehrerer Grenzwerte oder in einem anderen Ausführungsbeispiel die errechnete mittlere Steigung zur Bestimmung der Unschärfe und/oder zur Bestimmung eines Wertes für die Größe der Unschärfe herangezogen werden.

15

20 Als weitere Alternative zur Unschärfemessung bietet sich ferner ein indirekter Klassifikationsansatz an, bei dem eine Lernmaschine, z.B. ein neuronales Netz oder ein Polynomklassifikator, durch Präsentation einer großen Menge von Beispielbildern darauf trainiert wird, unscharfe von scharfen Bildern zu unterscheiden.

25 Wie oben erwähnt wird eine Sichtbehinderung angenommen, wenn eine hohe Unschärfe erkannt ist bzw. der Wert der Unschärfe über einem vorgegebenen Wert liegt. Zusätzlich kann einen Vergleich mit Referenzverteilungen für Kontraste, Fourierkomponenten oder Autokorrelationen verschiedene Arten der Sichtbehinderung anhand ihrer Ähnlichkeit mit bestimmten Referenzverteilungen unterschieden werden. Auf diese Weise kann erreicht werden, dass Nässe auf der Scheibe von Eis oder Staub auf der Scheibe unterschieden werden kann und entsprechend der Situation unterschiedliche Gegenmaßnahmen, beispielsweise Aktivieren des Scheibenwischers, Einschalten

30

35

einer Scheibenheizanlage, eine Scheibenwaschanlage, etc.
Auch hier bietet sich der oben erwähnte Klassifikationsansatz mit Lernmaschinen an.

5 Wird der Videosensor mit Sichtbehinderungsdetektion zusätzlich als Regensensor betrieben, sind weitere Ergänzungen zweckmäßig. Wird Feuchtigkeit auf der Scheibe erkannt anhand der ermittelten Unschärfe und der Kontrastverteilung bzw. dem Fourierspektrum oder der Autokorrelation, so wird die
10 erstmalige Ansteuerung des Scheibenwischers wie bisher nur auf explizite Anforderung des Fahrers erfolgen, um irrtümliche Inbetriebnahme bei einer Fehldetektion auszuschließen. Aus den Videobildern, die unmittelbar nach dem Wischvorgang aufgenommen werden, können die oben erwähnten Referenzverteilungen gewonnen werden, mit denen über die Einleitung des
15 nächsten Wischvorgangs entschieden wird. Damit ist eine situationsspezifische Adaption des Wischverhaltens möglich. In Situationen, in denen die umgebende Szene zu wenig Kontraste enthält, beispielsweise nachts, könnte das kurzzeitige Einschalten einer Scheibenbeleuchtung sinnvoll sein. Sichtbehinderungen sind dann aus der Streuung des Beleuchtungslichts detektierbar.
20

11.01.02 Bee/Pz

5

ROBERT BOSCH GMBH, 70442 Stuttgart

10

Patentansprüche

15

1. Verfahren zur Erkennung von Sichtbehinderungen bei Bildsensorsystemen, wobei ein von einem Bildsensor aufgenommenes Bild analysiert wird, dadurch gekennzeichnet, dass durch Analyse des aufgenommenen Bildes das Vorliegen und gegebenenfalls die Art einer Sichtbehinderung erkannt wird, wobei ein Signal gebildet wird, welches das Vorliegen der Sichtbehinderung und gegebenenfalls die Art der Sichtbehinderung anzeigt.

20

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Analyse des aufgenommenen Bildes in der Messung der Bildunschärfe besteht.

25

3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Unschärfemessung auf der Basis des Kontrastspektrums des Bildes oder auf der Basis des Fourierspektrums oder auf der Basis der Autokorrelationsfunktion des Bildes erfolgt.

30

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass aus der gemessenen Unschärfeverteilung mittels eines Vergleichs mit Referenzverteilungen entschieden wird, ob eine Sichtbehinderung und gegebenenfalls welche Sichtbehinderung vorliegt.

35

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass bei einem Kraftfahrzeug nach einem erstmaligen Wischvorgang der Frontscheibe aus nachfolgend aufgenommenen Bildern über die Einleitung des nächsten Wischvorgangs entschieden wird.

6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Entscheidung über den nächsten Wischvorgang anhand der Unschärfe der aktuell aufgenommenen Bilder im Vergleich zur Unschärfe eines Bildes, welches unmittelbar nach einem Wischvorgang aufgenommen wurde, entschieden wird.

7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass eine Scheibenbeleuchtung eingeschaltet wird, wenn die das Fahrzeug umgebende Szene zu wenig Kontraste enthält.

8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Bildsensor auf den Außenbereich des Kraftfahrzeugs fokussiert ist.

9. Vorrichtung zur Erkennung von Sichtbehinderungen bei Bildsensordsystemen mit einem Bildsensor und einer Auswerteeinheit, welche das vom Bildsensor aufgenommene Bild analysiert, dadurch gekennzeichnet, dass die Auswerteeinheit ein Signal ausgibt, welches das Vorhandensein einer Sichtbehinderung und gegebenenfalls die Art der Sichtbehinderung anzeigt, wobei das Signal nach Maßgabe der Analyse des aufgenommenen Bildes gebildet wird.

10. Vorrichtung nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass abhängig von dem Signal Aktuatoren gesteuert werden, beispielsweise Scheibenwischer, Scheibenheizungen, Scheibenwaschanlagen, etc.

11.01.02 Bee/Pz

5

ROBERT BOSCH GMBH, 70442 Stuttgart

10 Verfahren und Vorrichtung zur Erkennung von Sichtbehinderun-
gen bei Bildsensordsystemen

Zusammenfassung

15 Es werden ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Erkennung
von Sichtbehinderungen bei Bildsensordsystemen vorgeschlagen,
wobei auf der Basis der Analyse des aufgenommenen Bildes des
Bildsensors ein Signal erzeugt wird, welches das Vorliegen
20 von Sichtbehinderungen und gegebenenfalls die Art der Sicht-
behinderung anzeigt.

(Figur 1)

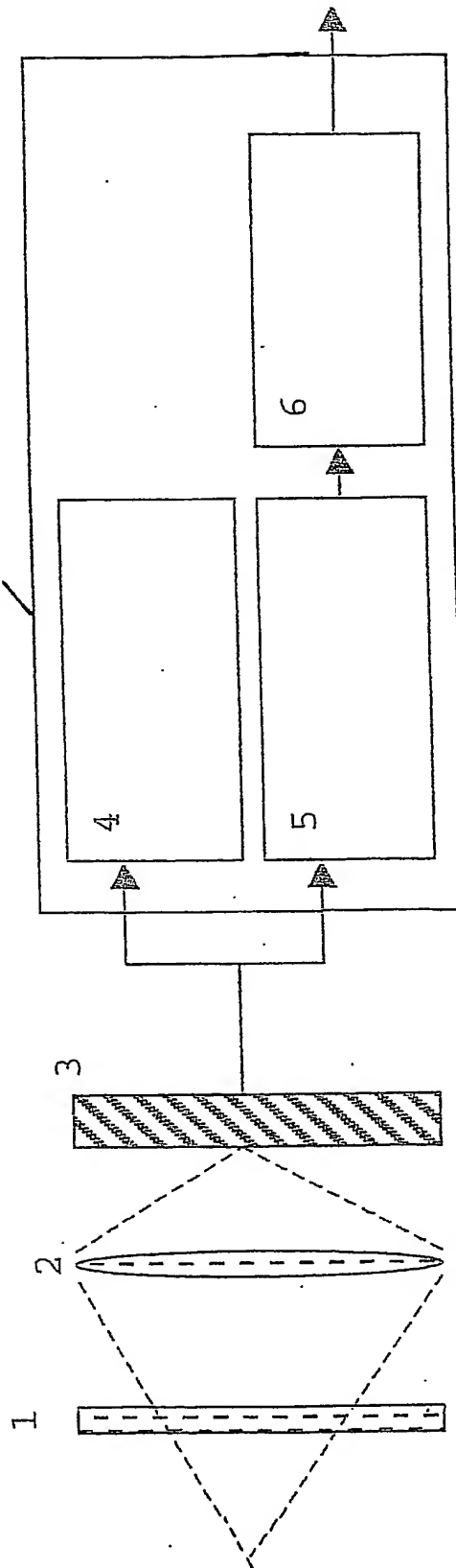


Fig. 1

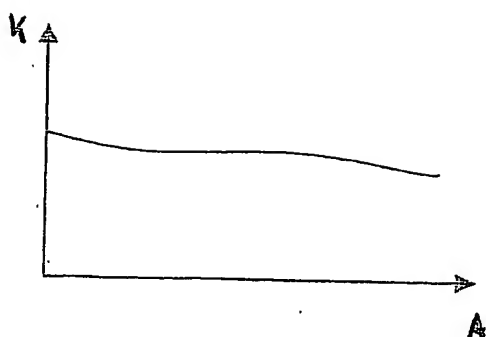


Fig. 2a

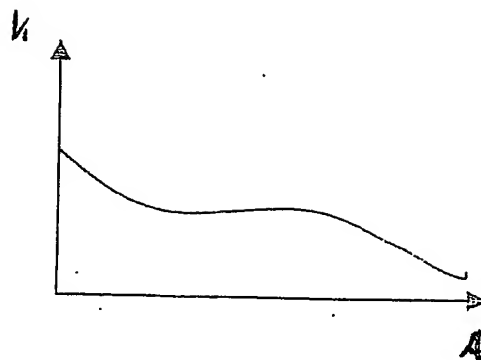


Fig. 2b

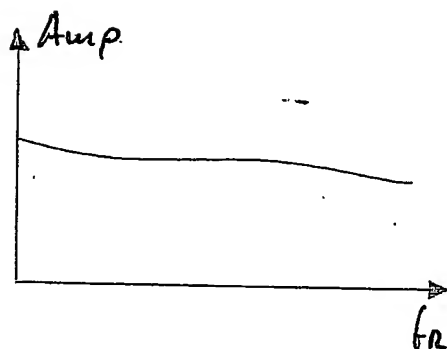


Fig. 3a

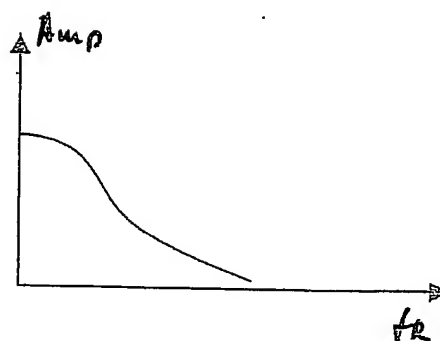


Fig. 3b

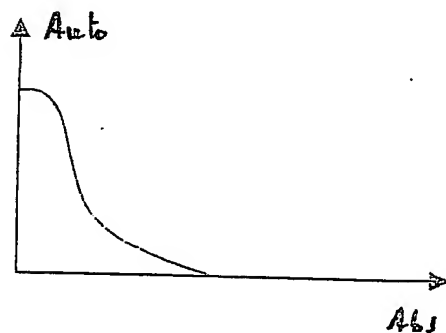


Fig. 4a

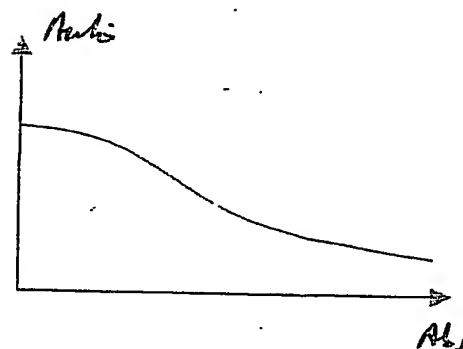


Fig. 4b